

Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik

Herausgegeben von U. Bankhofer; P. Gmilkowsky;
V. Nissen und D. Stelzer

Volker Nissen

Die Fuzzy Balanced Scorecard

Arbeitsbericht Nr. 2005-01, September 2005



Technische Universität Ilmenau
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Institut für Wirtschaftsinformatik

Autor: Volker Nissen

Titel: Die Fuzzy Balanced Scorecard

Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik Nr. 2005-01, Technische Universität Ilmenau,
September 2005

ISBN 3-938940-01-8

© 2005 Institut für Wirtschaftsinformatik, TU Ilmenau

Anschrift: Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften,
Institut für Wirtschaftsinformatik, PF 100565, D-98684 Ilmenau.
WWW: http://www.tu-ilmenau.de/fakww/Institut_fuer_Wirtsc.590.0.html

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildungsverzeichnis | II |
| 1 Kurzer Überblick zur Balanced Scorecard | 1 |
| 2 Unschärfeaspekte im Kontext der Balanced Scorecard..... | 4 |
| 3 Unschärfemodellierung in einer Fuzzy Balanced Scorecard..... | 9 |
| 3.1 Konzept einer unscharfen Menge (<i>fuzzy set</i>) | 9 |
| 3.2 Die Fuzzy Balanced Scorecard..... | 11 |
| 3.3 Die Fuzzy Balanced Scorecard als Simulationswerkzeug..... | 19 |
| Literaturverzeichnis | 21 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Bild 1: Formen der Unsicherheit | 6 |
| Bild 2: Beispiele von Zugehörigkeitsfunktionen..... | 10 |
| Bild 3: Unscharfe Mengen für die Zielerreichung (Leistungstreiber)..... | 12 |
| Bild 4: Unscharfe Menge für die Zielerreichung (Ergebnisgrößen)..... | 13 |
| Bild 5: Beispiel einer Fuzzy BSC (Ausschnitt) für eine Versicherung | 15 |
| Bild 6a: Drei linguistische Terme..... | 16 |
| Bild 6b: Beispiel für eine unscharfe regelbasierte Aggregation..... | 17 |
| Bild 6c: Ausschnitt der Regelmenge | 17 |
| Bild 6d: Zugehörigkeitsgrade sowie defuzzifizierter Zielerreichungsgrad | 18 |

Zusammenfassung: Dieser Beitrag diskutiert die Bedeutung von Unschärfeaspekten im Kontext der Balanced Scorecard. Anschließend werden Möglichkeiten aufgezeigt, diese Unschärfe auf Basis der Theorie unscharfer Mengen (fuzzy set theory) im Rahmen einer weiterentwickelten Fuzzy Balanced Scorecard zu berücksichtigen. Das Ergebnis ist ein realitätsnäheres, differenzierteres Modell einer Unternehmensstrategie. Es kann unter anderem für strategische Simulationen verwendet werden.¹

Schlüsselworte: Balanced Scorecard, Unschärfe, Fuzzy Set Theorie, Strategische Planung

1 Kurzer Überblick zur Balanced Scorecard

Schon seit langem besteht weitgehende Einigkeit darin, dass Kennzahlssysteme, die ausschließlich auf die Unternehmensrentabilität abzielen, zur Unterstützung der Unternehmenssteuerung alleine nicht ausreichen [Horv1983, S. 350]. Schomann kommt in einer Befragung deutscher Unternehmen zu dem Ergebnis, dass „traditionelle bilanz- und rechnungswesenorientierte Planungs- und Steuerungskonzepte nicht zur Meisterung des (...) dynamischen und turbulenten Unternehmensumfeldes geeignet sind.“ [Scho2001, S. 106].

Fast ein Drittel der befragten Unternehmen hat bereits auf dieses Defizit reagiert und moderne *Performance Measurement* Systeme eingeführt. Performance Measurement subsumiert die Neukonzeption kennzahlbasierter Instrumente der Unternehmensplanung und –steuerung seit Mitte der Achtziger Jahre und kann gemäß Gleich [Glei1997, S. 115] definiert werden als Beurteilung der Effektivität und Effizienz der Leistung und Leistungspotenziale unterschiedlichster Objekte im Unternehmen (wie z.B. Mitarbeiter, Organisationseinheiten, Prozesse). Voraussetzung hierfür ist der Aufbau eines Performance Measurement Systems, das quantifizierbare Kennzahlen verschiedener Dimensionen enthält (z.B. bezogen auf Kosten, Zeit, Qualität, Innovationsfähigkeit).

Die Entwicklung der Balanced Scorecard (BSC) durch Kaplan und Norton [KaNo1997] stellt einen Meilenstein des modernen Performance Measurements dar. Sie ergänzt die traditionelle rechnungswesenorientierte Betrachtung des Unternehmens durch weitere, nicht monetäre Dimensionen, welche als treibende Faktoren zukünftiger Leistungen

¹ Die Darstellungen sind eine Weiterentwicklung eigener Vorarbeiten in [Niss2004].

gesehen werden. Typischerweise werden in einer BSC folgende Perspektiven auf das Unternehmen unterschieden, wobei auch abweichende Festlegungen möglich sind:

- Finanzperspektive: Ziele und zugeordnete Kennzahlen, die in direkter Beziehung mit dem finanziellen Unternehmensergebnis stehen.
- Prozessperspektive (auch: interne Perspektive): Ziele und zugeordnete Kennzahlen zur Leistungsfähigkeit der Unternehmensprozesse.
- Kundenperspektive: Ziele und zugeordnete Kennzahlen zur Leistungsfähigkeit des Unternehmens aus Sicht des Marktes.
- Lern- und Entwicklungsperspektive: Ziele und zugeordnete Kennzahlen, die das Potenzial des Unternehmens für zukünftige Marktanforderungen widerspiegeln.

Die BSC bildet den Rahmen zur Umsetzung der Strategie einer unternehmerischen Geschäftseinheit. Mit der BSC soll der gesamten Organisation die Vision des Unternehmens für seine Zukunft vermittelt werden. Eine Strategie wird von Kaplan und Norton als ein Katalog mit Hypothesen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge strategischer Ziele aufgefasst. Ziele werden in der BSC durch Kennzahlen repräsentiert. Kennzahlen reflektieren kritische Erfolgsfaktoren im Wettbewerb. Angestrebt wird eine Balance zwischen intern und extern orientierten Messgrößen.

Zielvorgaben konkretisieren sich durch Vorgabewerte für die jeweiligen Kennzahlen. Das Kennzahlensystem der BSC sollte die Hypothesen über kausale Beziehungen zwischen den Zielen (und Kennzahlen) deutlich machen. Aus den Verknüpfungen entstehen Kausalketten, die „subjektive“ Leistungstreiber (Frühindikatoren) und „objektive“ kritische Ergebniskennzahlen (Spätindikatoren) verbinden. Dabei werden diese Kausalketten letztlich mit den finanziellen Zielen verknüpft.

Ausgangspunkt für das BSC-Kennzahlensystem sind die als Ausdruck der Unternehmensstrategie priorisierten strategischen Ziele und ihre Verknüpfungen. Diese werden anschließend auf die Ebene von Kennzahlen heruntergebrochen. Die Verbindungen können

sowohl innerhalb derselben Scorecard-Perspektive als auch perspektivübergreifend bestehen.² Der Fokus dieses Vorgehens liegt hierbei auf einem konsistenten System von Zielen und zugeordneten Kennzahlen, mit denen drei bis fünf Jahre in die Zukunft geplant wird. Eine so konzipierte BSC artikuliert die Grundannahmen des Geschäftes. Sie hilft, vorhandene Potenziale zu bewerten und liefert Hinweise, was in Zukunft für die finanzielle Wertschöpfung getan werden muss [KaNo1997, S. 143–145, S. 293–296] [Beye2002, S.79–81]. Darin liegt ein wesentlicher Unterschied zu den rückwärts schauenden, rein finanziellen Kennzahlensystemen der Vergangenheit.

Die BSC bildet aber nicht nur ein Kennzahlensystem, sondern sollte als umfassendes Instrument der strategischen Unternehmenssteuerung verstanden werden. Sie dient insbesondere folgenden Zwecken:

- Harmonisierung und Priorisierung von strategischen Zielen innerhalb des Unternehmens.
- Offenlegung von Wirkungsbeziehungen zwischen den strategischen Zielen in den verschiedenen Unternehmensperspektiven
- Kommunikation von strategischen Zielen und Maßnahmen zu deren Erreichung.
- Herunterbrechen einer vorab definierten Unternehmensstrategie auf die einzelnen Organisationseinheiten.
- Strategisches Feedback-Lernen, das gegebenenfalls zur Anpassung der Strategie oder von Einzelzielen führen kann.

Als Führungsinstrument muss jede BSC auf die Strategie der betrachteten Geschäftseinheit individuell zugeschnitten sein. Auf der obersten Ebene, also der BSC für ein Unternehmen oder einen Geschäftsbereich, sind die Ziele und Maßnahmen zu deren Erreichung

² Ein ausführliches Beispiel solcher Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Früh- und Spätindikatoren liefern Kaplan und Norton für die Versicherung National Insurance [KaNo1997, S. 154].

vergleichsweise global und abstrakt. Daher sieht der BSC-Ansatz vor, dass ausgehend von der strategischen Geschäftseinheit, hierarchisch abgeleitete BSC für nachgeordnete organisatorische Einheiten, wie Abteilungen und Teams, gebildet werden. So bricht man die übergeordneten strategischen Zielsetzungen bis auf die Ebene lokaler Maßnahmen herunter, zu denen möglichst jeder Mitarbeiter etwas beitragen kann.

2 Unschärfeaspekte im Kontext der Balanced Scorecard

Bei der unternehmensspezifischen Konzeption und Implementierung einer BSC zeigen sich in der Praxis immer wieder bestimmte Probleme, wie zum Beispiel:

- Ziele stehen in den verschiedenen BSC-Dimensionen unverbunden nebeneinander, ohne dass die Zielbeziehungen wirklich verstanden sind. So wird die BSC zur Sammlung einzelner Kennzahlen, anstatt ein konsistentes Kennzahlensystem zu bilden.
- Die Ermittlung der qualitativer Kennzahlen (z.B. Kundenzufriedenheit) erfolgt in fragwürdiger Weise .
- Es fehlen Entscheidungshilfen bei der Priorisierung und Auswahl geeigneter strategischer Maßnahmen zur Erreichung der angestrebten Ziele.

Diese Schwierigkeiten können gemildert werden, wenn vorhandene Unschärfe im Kontext der BSC aufgedeckt und explizit modelliert wird. Nachfolgend sollen zunächst jene Bereiche herausgearbeitet werden, wo Unschärfe im Konzept der BSC von Bedeutung ist. Anschließend werden Möglichkeiten aufgezeigt, diese Unschärfe auf Basis der Theorie unscharfer Mengen (*fuzzy set theory*) im Rahmen einer weiterentwickelten Fuzzy Balanced Scorecard (Fuzzy BSC) zu berücksichtigen.

Unschärfe wird häufig immer noch einseitig negativ gesehen, so auch bei Kaplan und Norton, die im Zusammenhang mit der Mitarbeiterperspektive den Begriff der „unscharfen

Kennzahl“ abwertend gebrauchen: „Wenn aber in das Wissen und die Qualifikationen eines Mitarbeiters investiert (...) werden soll, wird mehr gebraucht als eine >> unscharfe Kennzahl <<. Greifbare Ergebnisse sollten sich einstellen.“ [KaNo1997, S. 246]. Diese Sichtweise greift zu kurz, da eine scharfe Repräsentation im Modell die Realität oft verzerrt wiedergibt. Bei Entscheidungsmodellen kann das schlechte Entscheidungen nach sich ziehen.

Unschärfe ist eine Form der Unsicherheit. Zimmermann differenziert drei Arten von Unsicherheit (Abbildung 1) [ZALW1993, S. 3 – 7]:

- zufällige Unsicherheit,
- sprachliche (linguistische) Unsicherheit, und
- informationale Unsicherheit.

Zufällige oder stochastische Unsicherheit lässt sich auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeitstheorie modellieren. Ereignisse können nur in einer scharfen, zweiwertigen Form beschrieben werden (Eintreten oder Nicht-Eintreten). Wahrscheinlichkeiten täuschen dabei jedoch oft eine Scheingenauigkeit vor (Beispiel: „Die Wahrscheinlichkeit, an X zu erkranken liegt bei 0,2.“) . Unscharfe Ereignisse, wie ein teilweises Eintreten, können nicht dargestellt werden.

Bei der linguistischen Unsicherheit liegt die Ursache in der mangelnden Präzision und Undefiniertheit der menschlichen Sprache (Beispiel: „hohe Umsatzsteigerung“). Eine Form der linguistischen Unsicherheit sind unscharfe Relationen. Unscharfe Relationen liegen dann vor, wenn mehrere Objekte in ein unscharfes Verhältnis zueinander gesetzt werden (Beispiel: A ist „viel größer“ als B.).

Informationale Unsicherheit liegt vor, wenn ein Übermaß von Informationen (Deskriptoren) notwendig wäre, um einen Begriff eindeutig zu beschreiben (Beispiel: „kreditwürdige Person“).

Für die weiteren Ausführungen wird Unschärfe mit linguistischer oder informationaler Unsicherheit gleichgesetzt.

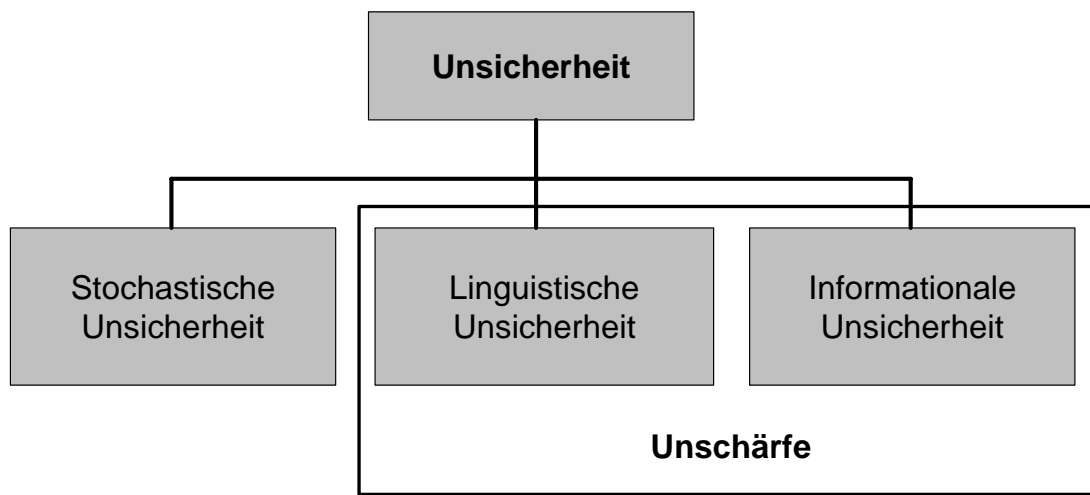


Bild 1: Formen der Unsicherheit (nach Zimmermann [ZALW1993])

1. Unschärfebereich: Ursache-Wirkungs-Beziehungen (unscharfe Relationen)

Neben strategischen Ergebniskennzahlen (Spätindikatoren) kommt es innerhalb des BSC-Kennzahlensystems darauf an, die relevanten Leistungstreiber (Frühindikatoren) zu bestimmen und so mit den Ergebnisgrößen zu verbinden, dass die Strategie der Unternehmensführung sich darin bestmöglich ausdrückt. Es ist eine der Hauptaufgaben des Managements, sich diese vermuteten Ursache-Wirkungs(oder: Zweck-Mittel)-Zusammenhänge bewusst zu machen.

Nach Möglichkeit sollen die Wirkungsbeziehungen der Kennzahlen untereinander quantifiziert werden [KaNo1997, S. 17]. Oft erweist sich die exakte Quantifizierung jedoch als zu kompliziert oder ungenau. Auch Kaplan und Norton sehen ein: „Anfangs müssen diese Wirkungseinflüsse subjektiv und qualitativ bewertet werden.“ [KaNo1997, S. 245] Eine explizite Modellierung, die über das Niveau eines graphischen Modells der

Kennzahlverbindungen hinausgeht, findet dann kaum noch statt. Das schränkt die Verwendungsmöglichkeiten der BSC für Simulationen ein.

Die in der BSC zu modellierenden Wirkungsbeziehungen stellen unscharfe Relationen zwischen Zielen bzw. Unterzielen (repräsentiert durch Kennzahlen und Leistungsvorgaben) dar. Die Wirkungsbeziehungen zwischen verbundenen Zielen sind zwar der Art nach gleichläufig – dies ist ein Auswahlkriterium für Ziele in den Scorecard-Perspektiven – doch können die Beziehungen im Detail durchaus komplex sein, vor allem, wenn mehrere Leistungstreiber in dieselbe Ergebniskennzahl münden. Hier sind nichtlineare Zusammenhänge und vor allem unterschiedlich intensive Kompensationsbeziehungen zwischen verschiedenen Leistungstreibern möglich.

2. Unschärfebereich: Qualitative Größen, Verdichtung von Komponenten zu Kennzahlen

Strategisches Feedback und organisationales Lernen auf der Führungsebene bezeichnen Kaplan und Norton als wichtigsten Aspekt des BSC-Ansatzes [KaNo1997, S. 15]. In regelmäßigen Abständen sind daher Kontrollen nötig, welche messen, inwieweit die strategischen Ziele erreicht wurden. Der BSC-Ansatz kennt sowohl monetäre als auch nicht-monetäre Ziele. Immer aber sind Leistungsziele als Soll-Werte für Kennzahlen quantitativ formuliert. Entsprechend müssen auch dem Charakter nach qualitative Größen quantifizierbar gemacht werden.

Bei quantitativen Kennzahlensystemen kann die Aussagekraft einzelner Kennzahlen oder manchmal des gesamten Kennzahlensystems begrenzt sein [Bram1990, S. 346]. Ein möglicher Grund liegt darin, dass zu großer Informationsverlust auftritt, wenn qualitative Aspekte (oder andere Formen der Unschärfe) von Bedeutung sind [Kuhl1996, S. 209]. In einem langfristig orientierten und stark von menschlicher Einschätzung gekennzeichneten Bereich wie der strategischen Unternehmensführung liegt es nahe, von einer solchen Situation auszugehen.

Praktische Beispiele zeigen, dass qualitative Größen wie „Image“ oder „Servicequalität“ im Kennzahlensystem einer BSC oft als einfacher gewichteter oder ungewichteter Durchschnitt (Index) aus einer Vielzahl von Komponenten gebildet werden.³ Modelltechnisch ist das in vielen Fällen fragwürdig. Damit sind nämlich implizite Annahmen über die Unabhängigkeit und wechselseitige Kompensation zwischen den Zielen (bzw. ihren Kennzahlen) verbunden. Vor allem Kompensationsbeziehungen verdienen Aufmerksamkeit. Oft kann ein schlechter Wert bei einer oder mehreren Komponenten durch gute Werte der anderen Komponenten ganz oder teilweise kompensiert werden. Ebenso hängt der Beitrag einer Komponente zum Gesamtergebnis eventuell vom Messergebnis bei einer anderen Komponente ab. In solchen Fällen wäre es wünschenswert, zu einer möglichst realitätsnahen Modellierung mit geringem Informationsverlust zu gelangen. Wie dies mit Hilfe der Fuzzy Set Theorie geschehen kann, wird später noch verdeutlicht.

3. Unschärfebereich: Identifizierung und Fokussierung des Handlungsbedarfs

Geeignete Maßnahmen sollen sicherstellen, dass die definierten Leistungsziele erreicht werden. Handlungsbedarf liegt allgemein dann vor, wenn Istwerte und Zielwerte von Kennzahlen „hinreichend weit“ auseinanderliegen. Diese Unschärfe kann dahingehend präzisiert werden, dass unterschiedlich große Abweichungen des betrachteten Istwertes von einem Zielwert die Entscheider verschieden stark zufriedenstellen respektive beunruhigen werden. Die konventionelle Vorgehensweise einer scharfen Grenze zwischen noch tolerierbaren und nicht mehr tolerierbaren Abweichungen (Ampellogik) gibt diesen Sachverhalt nicht angemessen wieder.

Im folgenden Abschnitt werden die angesprochenen Unschärfebereiche im Rahmen des Konzeptes einer Fuzzy Balanced Scorecard aufgegriffen, was folgende Möglichkeiten eröffnet:

³ So errechnet die Metro Bank die Servicequalität als Index verschiedener Komponenten [KaNo1997, S. 115]

- Zielbeziehungen lassen sich explizit modellieren.
- Für die Verdichtung von untergeordneten Komponenten zu einer BSC-Kennzahl wird eine realitätsnähere Form der Modellierung erreicht.
- Unscharfe Kennzahlen liefern sowohl einen Hinweis auf den Grad der Zielerreichung als auch die Sicherheit der Beurteilung.
- Die Auswahl von Maßnahmen zur Sicherung der strategischen Ziele kann durch strategische Simulationen mit der Fuzzy BSC unterstützt werden.

3 Unschärfemodellierung in einer Fuzzy Balanced Scorecard

3.1 Konzept einer unscharfen Menge (*fuzzy set*)

Seit Mitte der Sechziger Jahre wurde mit der Fuzzy Set Theorie eine theoretische Basis entwickelt, um Unschärfe zu modellieren.. Fuzzy-Systeme und Fuzzy-Methoden stehen auf einer soliden mathematischen Grundlage. In der klassischen Mengentheorie gehört ein Element x aus einer Grundmenge X ($x \in X$) entweder eindeutig zu einer Menge A oder es gehört eindeutig nicht zu A . Für viele reale Sachverhalte ist diese scharfe Trennung jedoch keine angemessene Repräsentation. Vielmehr lassen sich in der Realität auch graduell abgestufte Zugehörigkeiten beobachten. Eine unscharfe Menge \tilde{A} ist nun dadurch gekennzeichnet, dass die Zugehörigkeit eines Elementes x zu \tilde{A} durch eine reelle Zahl angegeben werden kann, die in der Regel auf den Wertebereich $[0,1]$ (Einheitsintervall) normiert wird. Formal lässt sich eine unscharfe Menge \tilde{A} daher durch eine reellwertige Funktion $\mu_{\tilde{A}}$ beschreiben: $\mu_{\tilde{A}} : X \rightarrow [0,1]$. Eine solche Funktion wird als Zugehörigkeitsfunktion bezeichnet. Dabei besagt ein Wert $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$, dass x nicht zu der unscharfen Menge \tilde{A} gehört, während ein Wert $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ auf eine volle Zugehörigkeit

hinweist. Werte im Intervall $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$ zeigen eine partielle Zugehörigkeit von x zu \tilde{A} an.

Die klassische (scharfe, nicht-fuzzy) Menge A ist dabei als spezielle unscharfe Menge interpretierbar, für die nur die Alternativen keine Zugehörigkeit oder volle Zugehörigkeit existieren.

Fuzzy Sets sind gut geeignet, um vage Konzepte zu repräsentieren, wobei die Grundmenge sowohl kontinuierlich, als auch diskret sein kann. Ist die Grundmenge diskret, so erfolgt die Darstellung einer unscharfen Menge \tilde{A} als Liste von 2-Tupeln. Jedes Tupel enthält ein Element der Grundmenge und seinen Zugehörigkeitswert zu \tilde{A} :

$$\tilde{A} = \{(x_1, \mu_{\tilde{A}}(x_1)), \dots, (x_n, \mu_{\tilde{A}}(x_n))\}, \quad \forall x \in X$$

Dabei werden allerdings nur Elemente mit streng positiven Zugehörigkeitswerten berücksichtigt. Abbildung 2 zeigt demgegenüber einige typische Beispiele von Zugehörigkeitsfunktionen bei kontinuierlicher Grundmenge.

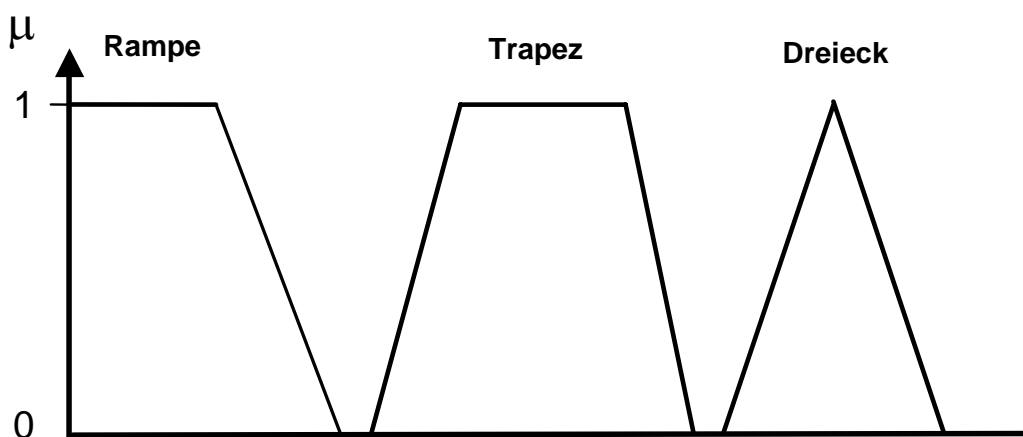


Bild 2: Beispiele von Zugehörigkeitsfunktionen

Die Basisoperatoren der klassischen Mengentheorie wie z.B. Durchschnitt und Vereinigung sind für unscharfe Mengen erweitert worden. Der Durchschnitt zweier unscharfer Mengen \tilde{A} und \tilde{B} ist definiert durch folgende Zugehörigkeitsfunktion:

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) | x \in X\} \quad (\text{Minimum-Operator})$$

Die Vereinigung zweier unscharfer Mengen \tilde{A} und \tilde{B} ist definiert durch folgende Zugehörigkeitsfunktion:

$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \max\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) | x \in X\} \quad (\text{Maximum-Operator})$$

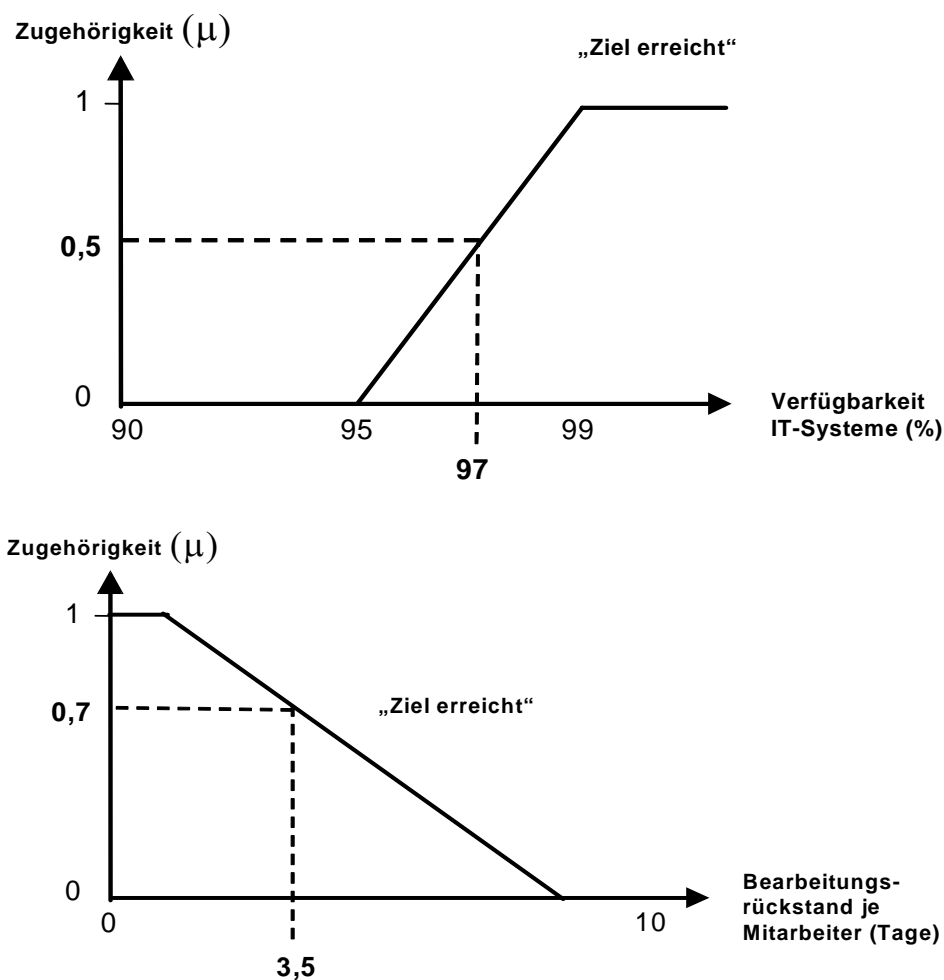
Von besonderer Bedeutung für die Nachbildung des menschlichen Entscheidungsverhaltens sind die sogenannten kompensatorischen Fuzzy-Operatoren, auf die später am Beispiel des γ -Operators eingegangen wird. Für eine ausführlichere Darstellung von Grundlagen der Fuzzy Set Theorie muss hier auf die weiterführende Literatur verwiesen werden [ZALW1993] [NaKr1998].

3.2 Die Fuzzy Balanced Scorecard

Die Berücksichtigung der oben dargestellten Unschärfeaspekte im Rahmen einer Fuzzy BSC bringt geringfügige Änderungen im Prozess der BSC-Erstellung mit sich:

1. Bei den Zielvorgaben sollten keine scharf definierten Zielwerte oder Zielintervalle für die betroffenen Kennzahlen formuliert werden. Stattdessen wird für jede Kennzahl der Fuzzy BSC ermittelt, welcher Kennzahlwert mit welchem Grad an Zufriedenheit bei den Entscheidern verbunden ist. Über einer Grundmenge sinnvoller Kennzahlwerte lassen sich diese Zufriedenheitsgrade als unscharfe Menge darstellen. Dabei stehen die Extremwerte 0 für völlige Unzufriedenheit und 1 für völlige Zufriedenheit mit der Zielerreichung. Werte zwischen 0 und 1 stehen für partielle Zufriedenheit. Abbildung 3 zeigt hierzu zwei Beispiele für Leistungstreiber, die an prozessorientierte Messgrößen einer europäischen Versicherung angelehnt sind. Die erste Kennzahl betrifft die Verfügbarkeit der IT-

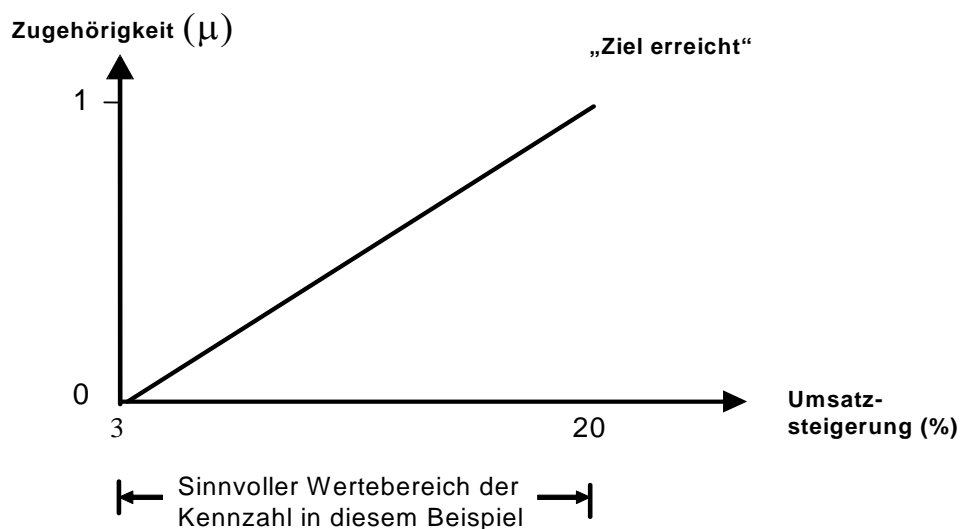
Systeme, die zweite den durchschnittlichen Rückstand in der Auftragsbearbeitung je Sachbearbeiter. Für die konkreten Werte von 97% Verfügbarkeit und einem Bearbeitungsrückstand von durchschnittlich 3,5 Tagen ergeben sich Zufriedenheitsgrade bezüglich der Zielerreichung als Zugehörigkeitswerte von 0,5 bzw. 0,7 zu den jeweiligen unscharfen Mengen.



**Bild 3: Unscharfe Mengen für die Zielerreichung
(Leistungstreiber ohne vorgelagerte Kausalkette)**

Auch für jede Ergebnisgröße wird die Zielerreichung auf grundsätzlich gleiche Weise mittels einer unscharfen Menge modelliert. Dabei ist darauf zu achten, dass die

Zugehörigkeitsfunktion monoton verläuft, nur an genau einer Stelle der Grundmenge den Wert 0 und an genau einer anderen Stelle den Wert 1 annimmt, und für alle anderen Werte der Grundmenge streng positiv ist. Ohne diese Nebenbedingung kann aus der unscharfen Zielerreichung ein scharfer Wert der betreffenden Kennzahl nicht eindeutig abgeleitet werden. Abbildung 4 zeigt hierzu ein Beispiel für die Ergebnisgröße „Umsatzsteigerung“.⁴



**Bild 4: Unscharfe Menge für die Zielerreichung
(Ergebnisgröße mit vorgelagerter Kausalkette)**

2. Die in der Unternehmensstrategie unterstellten Zusammenhänge zwischen Leistungstreibern und Ergebniskennzahlen müssen genauer als bisher ermittelt und aufgezeichnet werden. Vergleichsweise trivial ist der Fall, dass eine Ergebniskennzahl nur von einem Leistungstreiber abhängt. Dahinter steht die Hypothese, dass diese Größen sich, mit einem gewissen zeitlichem Versatz, im Gleichklang entwickeln. Interessanter sind die Fälle, wo mehrere Kennzahlen (Treiber) in eine nachfolgende Kennzahl (Ergebnis) münden. Hier

⁴ Die Einschränkung gilt für alle Kennzahlen, die sich aus anderen in einer Kausalkette ableiten. Sollte diese Restriktion im Einzelfall tatsächlich problematisch sein, so kann man z.B. Zielerreichung und Wirkungs-

sollte das vermutete Zusammenwirken der verschiedenen Treiber auf die Ergebnisgröße genauer dargestellt werden. Von der Unabhängigkeit der Wirkung verschiedener Leistungstreiber auf das Ergebnis auszugehen, ist in vielen Fällen unangemessen. Stattdessen liegen oft mehr oder weniger ausgeprägte Kompensationsbeziehungen zwischen den Leistungstreibern vor.

Diese nur unscharf erfassbaren Zusammenhänge lassen sich beispielsweise mit Hilfe des auf Zimmermann und Zysno zurückgehenden γ -Operators modellieren, der für zwei unscharfe Mengen \tilde{A} und \tilde{B} folgendermaßen definiert ist:

$$\mu_{comp}(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x), \gamma) = \begin{cases} (\mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x))^{1-\gamma} \cdot \\ (\mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - (\mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x))^\gamma)^\gamma \end{cases} \Big| x \in X, \gamma \in [0,1]$$

Dabei bildet der Parameter γ den sogenannten Kompensationsgrad, wobei die Extremwerte $\gamma = 0$ für „keine Kompensation“ (also keine Kompromissbereitschaft) und $\gamma = 1$ für „volle Kompensation“ (also volle Kompromissbereitschaft) stehen. Für jedes Zusammenwirken ist im Kennzahlensystem einer Fuzzy BSC ein vermuteter Kompensationsgrad festzulegen. Die Fuzzy BSC als Modell der Unternehmensstrategie soll später anhand von Istdaten überprüft werden. Aus praktischen Zwecken ist es daher empfehlenswert, zusätzlich den erwarteten zeitlichen Versatz (*time lag*) zwischen Ursache und Wirkung zu quantifizieren.

Abbildung 5 zeigt einen größeren Ausschnitt einer Fuzzy BSC im Gesamtzusammenhang. Sie ist angelehnt an das Kennzahlensystem eines großen Versicherungsunternehmens. Leistungstreiber und Ergebniskennzahlen sind unscharf als Zufriedenheitsgrade bezüglich der Zielerreichung repräsentiert. Die Verbindungen innerhalb der Perspektiven und perspektivübergreifend erfolgen durch parameterisierte kompensatorische Fuzzy-Operatoren (dargestellt als Dreiecke in Abbildung 5). Die finanziellen Ergebnisgrößen, aber auch alle anderen Ergebnisse können sowohl unscharf (Zufriedenheitsgrad) als auch in Form scharfer Kennzahlwerte (z.B. Rentabilität ist gleich 12%) ausgegeben werden.

beziehungen analog zu dem später beschriebenen Vorgehen bei der Komponentenaggregation zu qualitativen Größen modellieren. Meist wird jedoch eine Überarbeitung der zugrunde liegenden Kennzahl genügen.

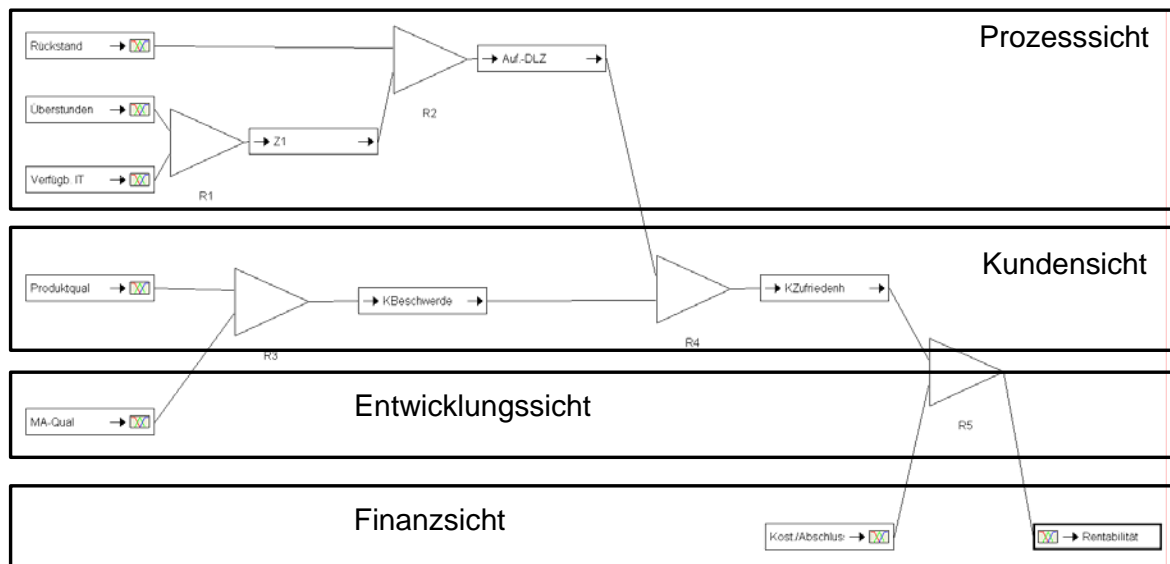


Bild 5: Beispiel einer Fuzzy BSC (Ausschnitt) für eine Versicherung

3. Bei der Aggregation mehrerer untergeordneter Kennzahlen (Komponenten), die selbst nicht in der Scorecard dargestellt werden sollen, zu einer qualitativen BSC-Kennzahl (z.B. „Servicequalität“, „Image“ oder „Mitarbeiterqualifikation“) sollten nicht unreflektiert gewichtete Mittelwerte gebildet werden. Stattdessen wäre es sinnvoll, festzustellen, welche Komponenten als unabhängig gelten können und welche in ihrer Wirkung im Zusammenhang gesehen werden müssen. Es geht dann darum, vermutete Zusammenhänge explizit zu machen. Ein möglicher Weg besteht darin, analog der oben dargestellten Vorgehensweise bei den Zielbeziehungen, zunächst Kompensationsgrade der Komponenten untereinander zu bestimmen. Die Verknüpfung erfolgt danach über kompensatorische Fuzzy-Operatoren wie den eben dargestellten γ -Operator.

Ein differenzierterer, aber auch aufwendigerer Weg der Modellierung setzt voraus, dass die wechselseitigen Abhängigkeiten in Form einer Anzahl von Wenn-Dann-Regeln formuliert werden. Ein solche Regel kann beispielsweise lauten:

*WENN die durchschnittliche Anzahl Berufsjahre der Mitarbeiter „HOCH“ ist
UND die Anzahl der Schulungstage je Mitarbeiter/Jahr „MITTEL“ ist,
DANN ist die Mitarbeiterqualifikation „HOCH“.*

Die Regeln enthalten sprachliche Begriffe wie „mittel“ und „hoch“, die als sogenannte *linguistische Terme* mit Hilfe von unscharfen Mengen, zum Beispiel in Form von Dreiecks- oder Trapezfunktionen, modelliert werden können (Abbildung 6a). Der scharf gemessene Kennzahlwert von 55% Hochschulabsolventen führt in diesem Fall zu Zugehörigkeiten von ca. 0,8 und 0,2 zu den linguistischen Termen „mittel“ beziehungsweise „hoch“. Man spricht von der „Fuzzyfizierung“ des scharfen Kennzahlwertes.

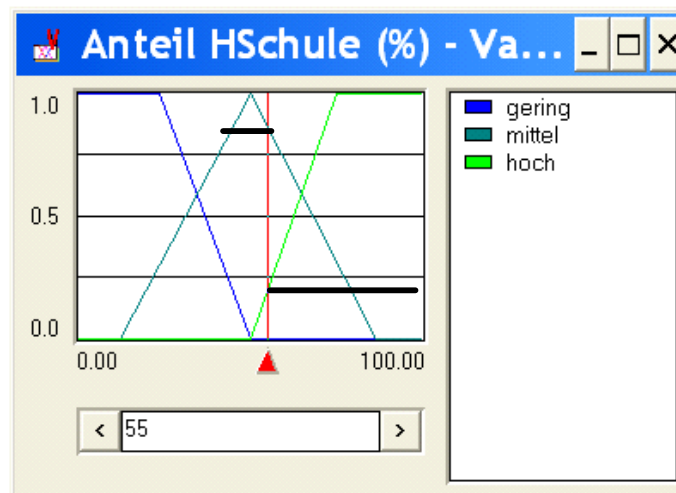


Bild 6a: Drei linguistische Terme („gering“, „mittel“ und „hoch“) als unscharfe Mengen über der Grundmenge „Anteil der Hochschulabsolventen“

In Abbildung 6b ist beispielhaft dargestellt, wie sich die Kennzahl „Mitarbeiterqualifikation“ als qualitative Größe aus den untergeordneten quantitativen Komponenten „Anzahl der Schulungstage pro Mitarbeiter“, „einschlägige Berufsjahre pro Mitarbeiter“ und „Anteil der Hochschulabsolventen im Unternehmen“ regelbasiert zusammensetzen könnte.

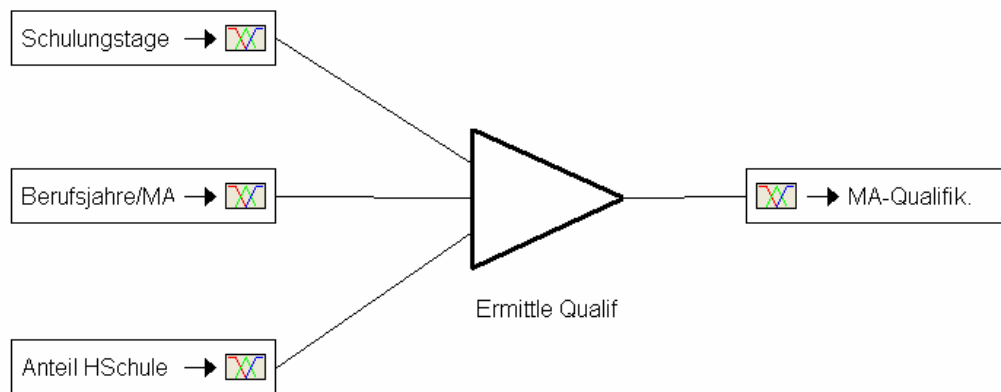


Bild 6b: Beispiel für eine unscharfe regelbasierte Aggregation

Die Abbildung 6c zeigt einen Ausschnitt der Regelbasis. Dabei sind die Regelprämissen hier beispielhaft mit dem Minimum-Operator (UND) verknüpft. Jedoch ist die richtige Wahl des Fuzzy-Operators problemspezifisch und sollte im Kontext der Fuzzy BSC so erfolgen, dass die Sicht des Managements darin gut zum Ausdruck kommt.

| Zeile | | 1 | | | | | |
|-------|---------------|----------------|----------------|-----|-------|--------------|-------|
| Nr. | Schulungstage | Berufsjahre/MA | Anteil HSchule | Op. | W | MA-Qualifik. | Grad |
| 1 | gering | hoch | hoch | UND | 0.900 | hoch | 0.184 |
| 2 | gering | hoch | mittel | UND | | mittel | 0.702 |
| 3 | gering | hoch | mittel | UND | 0.700 | hoch | 0.490 |
| 4 | gering | gering | hoch | UND | 0.500 | mittel | 0.000 |
| 5 | hoch | gering | hoch | UND | | mittel | 0.000 |

Bild 6c: Ausschnitt der Regelmenge (drei Regeln feuern)

Die Regelbasis von fuzzy-regelbasierten Systemen weist einige Besonderheiten auf. Sie muss weder vollständig noch widerspruchsfrei sein. Außerdem können Regeln gewichtet werden, um das Vertrauen in die Korrektheit dieser Regeln auszudrücken. In unserem Beispiel aktivieren die Eingangswerte gleichzeitig drei Regeln. Mit Hilfe eines unscharfen

Inferenzmechanismus, der hier nicht dargestellt werden soll⁵, ergibt sich zunächst ein unscharfes Ergebnis für die Kennzahl „Mitarbeiterqualifikation“ (Abbildung 6d). Die Zugehörigkeit zu den unscharfen Mengen „mittel“ und „hoch“ liegt hier bei ca. 0,7 beziehungsweise 0,5. Dieses Resultat verweist auf eine beträchtliche Unsicherheit hinsichtlich der Einschätzung der Mitarbeiterqualifikation. In einem optionalen Schritt kann das unscharfe Ergebnis nun mittels eines geeigneten Defuzzifizierungsverfahrens in einen scharfen Wert überführt werden. Dabei geht allerdings die Information über das Ausmaß an Unsicherheit verloren. Der defuzzifizierte Wert in diesem Beispiel liegt bei ca. 0,59. Er kann als Zufriedenheitsgrad des Managements bezüglich der Zielerreichung bei dem Leistungstreiber „Mitarbeiterqualifikation“ der Fuzzy BSC interpretiert werden.

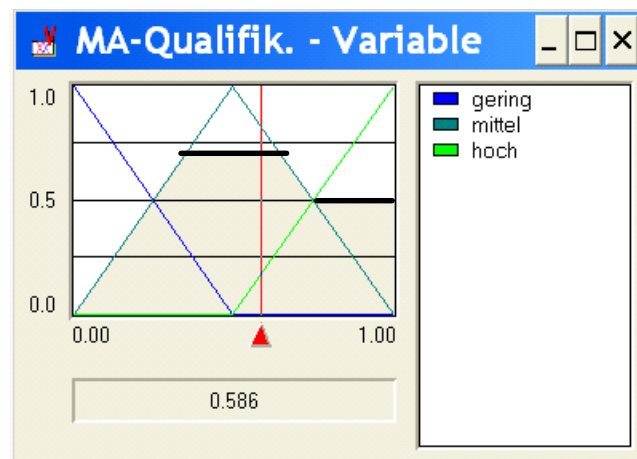


Bild 6d: Zugehörigkeitsgrade zu den unscharfen Mengen „mittlere“ und „hohe“ Qualifikation (grau: 0,7 bzw. 0,5) sowie defuzzifizierter Zielerreichungsgrad (0,586)

Der hier zur Aggregation bei qualitativen Kennzahlen vorgeschlagene Weg kann übrigens für die Modellierung von Zielerreichung und Wirkungsbeziehungen in der gesamten Fuzzy BSC verwendet werden. Er ist aber gegenüber der oben dargestellten Vorgehensweise, die je Kennzahl mit einer einzigen unscharfen Menge auskommt, aufwendiger.

⁵ Eine Erklärung des Inferenzmechanismus enthält [Niss2003].

3.3 Die Fuzzy Balanced Scorecard als Simulationswerkzeug

Die Fuzzy BSC bildet ein Modell der Unternehmensstrategie. Aufgrund der expliziten Modellierung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen eignet sie sich als Simulationswerkzeug für verschiedene Zwecke.⁶ Erstens kann festgestellt werden, ob die unterstellten Zielbeziehungen in der Scorecard die Realität angemessen widerspiegeln. Sind die Kennzahlenwerte der Leistungstreiber spezifiziert, so lässt sich aufgrund der modellierten Zusammenhänge simulieren, mit welchen Werten bei den Ergebniskennzahlen nach einiger Zeit (*time lag* beachten) gerechnet werden kann. Weichen die tatsächlich gemessenen Ergebnisse dieser Kennzahlen von den Prognosen stark ab, so sollte das Modell kritisch überprüft werden. Verschiedene Abweichungsursachen sind denkbar. Neben Fehlern im Modell (Leistungstreiber fehlen, Zusammenhänge sind nicht adäquat modelliert usw.) kann es auch sein, dass veränderte externe Rahmenbedingungen eine Änderung der Strategie notwendig machen.⁷

Eine zweite Art der Simulation kann helfen, die richtigen Entscheidungen zur Erreichung der strategischen Ziele zu treffen. Maßnahmen zur Verbesserung der Ergebniskennzahlen setzen an den Leistungstreibern an. Angesichts begrenzter Unternehmensressourcen ist es notwendig, solche Maßnahmen zu ergreifen, die eine bestmögliche Wirkung entfalten. Da die Wirkungsbeziehungen in der Fuzzy BSC explizit modelliert sind, können alternative Szenarien durchgespielt werden, in dem die Ist-Werte bei den Leistungstreibern individuell oder simultan verändert und die Auswirkungen bei den Ergebniskennzahlen ermittelt werden. Die auszuwählenden Maßnahmen sollten dann gezielt die Ist-Situation bei den wirksamsten Leistungstreibern verbessern.

Drittens kann durch gezielte Simulation mit maximalen Werten bei den Leistungstreibern auch festgestellt werden, ob die gesetzten Ziele der Ergebnisgrößen sich in dem Modell

⁶ Die differenziertere Form der Modellierung erlaubt präzisere und flexiblere Simulationen als Kaplan und Norton sie mit der herkömmlichen BSC durchführen konnten. Vgl. [KaNo1997, S. 246 – 249].

⁷ Zu beachten ist auch, dass die Fuzzy BSC natürlich nur Werte liefern kann, die im modellierten Bereich der jeweiligen Kennzahl liegen. Bei Ergebniskennzahlen liefern Zufriedenheitsgrade von Null daher einen scharfen Höchstwert, Zufriedenheitsgrade von Eins einen scharfen Mindestwert bei der betreffenden Kennzahl.

überhaupt erreichen lassen. Ist dies nicht der Fall, so müssen die formulierten Zielbeziehungen überdacht oder eventuell weitere Leistungstreiber in das Modell integriert werden.

Das hier vorgestellte und auf der Basis eines generischen Fuzzy-Werkzeuges bereits prototypisch implementierte Konzept einer Fuzzy Balanced Scorecard kann in verschiedene Richtungen weiterentwickelt werden. Erstens wäre es denkbar, die zeitlichen Verzögerungen, mit denen sich Änderungen bei vorgelagerten Kennzahlen auf nachfolgende Kennzahlen auswirken, ebenfalls explizit zu modellieren, um das Modell der Unternehmensstrategie noch realitätsnäher zu machen. Zweitens könnte eine Erklärungskomponente entwickelt werden, die Ergebnisse des Modells verbal erläutert und so die Verständlichkeit und damit den Nutzen für das Management weiter erhöht. Eine solche Erklärungskomponente wurde von Kuhl [Kuhl1996, S. 218–221] im Rahmen eines unscharfen Kennzahlensystems für ein Lagerhaltungsproblem bereits prototypisch entwickelt. Sein Ansatz, die Zugehörigkeitsgrade für Erklärungszwecke auszuwerten, lässt sich auf die Fuzzy BSC übertragen. Drittens ist es grundsätzlich vorstellbar, die Parameter im Modell einer Fuzzy BSC automatisch so zu optimieren, dass die Unternehmensstrategie sich darin möglichst gut widerspiegelt. Insbesondere die Parameter kompensatorischer Fuzzy-Operatoren, wie beispielsweise der Kompensationsgrad des γ -Operators, bietet eine einfache und flexible Möglichkeit, die Wirkungszusammenhänge im Modell zu verändern. Ein solcher Parameter-Optimierungsansatz hätte Ähnlichkeiten mit dem Training eines künstlichen neuronalen Netzes. Er kann aber nur gelingen, wenn genügend Trainings- und Testdaten zur Verfügung stehen. Das wiederum würde eine gewisse Konstanz der Rahmenbedingungen voraussetzen, unter denen eine Unternehmensstrategie formuliert wurde. Genau dieser Zustand ist unter realen Gegebenheiten aber wohl selten.

Literaturverzeichnis

- [Beye2002] Beyer, R.: Ist die Balanced Scorecard ein innovativer Ansatz oder ein herkömmliches Kennzahlensystem?. In: Scherer, A.G.; Alt, J.M. (Hrsg.): *Balanced Scorecard in Verwaltung und Non-Profit-Organisationen*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2002, S. 73 – 89.
- [Bram1990] Bramseman, R.: *Handbuch Controlling – Methoden und Techniken*, 2. Aufl., München und Wien, 1990.
- [Glei1997] Gleich, R.: Performance Measurement. In: *DBW* 57 (1997) 1, S. 114 – 117.
- [Horv1983] Horváth, P.: Der Einsatz von Kennzahlen im Rahmen des Controlling. In: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, (1983) 7, S. 349 – 356.
- [KaNo1997] Kaplan, R.S.; Norton, D.P.: *Balanced Scorecard. Strategien erfolgreich umsetzen*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1997 (aus dem Amerikanischen von Horváth, P.).
- [Kuhl1996] Kuhl, J.: *Angepaßte Fuzzy-Regelungssysteme*. Unitext, Göttingen, 1996.
- [NaKr1998] Nauck, D. und Kruse, R.: *Fuzzy-Systeme und Neuro-Fuzzy-Systeme*. In: Biethahn, J.; Hönerloh, A.; Kuhl, J.; Leisewitz, M.-C.; Nissen, V.; Tietze, M. (Hrsg.): *Betriebswirtschaftliche Anwendungen des Soft Computing*. Vieweg, Braunschweig und Wiesbaden, 1998, S. 35-54.
- [Niss2003] Nissen, V.: Wissenskonservierung mittels eines fuzzy-regelbasierten Systems für die Aufwandsplanung von Beratungsprojekten. In: *Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung* 14 (2003) 3, S. 243 – 258.

- [Niss2004] Nissen, V.: Potenziale der Fuzzy Set Theorie für das Kompetenzmanagement in Beratungsunternehmen. In: Biethahn, J.; Lackner, A.; Nissen, V. (Hrsg.): Information Mining und Wissensmanagement in Wissenschaft und Wirtschaft. AFN, Göttingen 2004, S. 49 – 72.
- [Scho2001] Schomann, M.: Wissensorientiertes Performance Measurement. DUV, Wiesbaden, 2001.
- [ZALW1993] Zimmermann, H.-J.; Angstenberger, J.; Lieven, K.; Weber, R. (Hrsg.): Fuzzy Technologien: Prinzipien, Werkzeuge, Potentiale. VDI, Düsseldorf, 1993.